

A. Quiñones • B. Martínez-Alcántara • E. Alcayde • F. Legaz

# ESTUDIO DE LA ABSORCIÓN Y TRANSLOCACIÓN DE Ca Y N EN LOS CÍTRICOS.

## III. ANTAGONISMO CALCIO-MAGNESIO EN PLANTAS JÓVENES DE CÍTRICOS

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.  
Carretera Moncada-Náquera km 4.5,  
46113 Moncada (Valencia).

### 1. INTRODUCCIÓN

Como ya se ha indicado en el artículo anterior, II. Efecto del incremento de la concentración de  $^{44}\text{Ca}$  sobre la absorción y translocación de N y Ca en plantas jóvenes de cítricos, el calcio (Ca) es un macroelemento esencial para las plantas que participa en numerosos procesos fisiológico. De entre los factores que afectan a la disponibilidad del calcio cabe destacar su antagonismo frente a otros cationes, principalmente con el magnesio.

Por este motivo el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones crecientes de Mg en el medio de cultivo y su interacción sobre el Ca y otros macronutrientes, en plantas de cítricos cultivadas en condiciones controladas en cámara de cultivo.

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Material vegetal y condiciones de cultivo

Las plantas del patrón *citrange* *Carrijo* [*Citrus sinensis* (L) Osb. x *Poncirus trifoliata* (L) Raf] del ensayo procedían de un vivero comercial de cítricos y fueron adquiridas con una altura que oscilaba de 15 a 20 cm. Cada planta se transplantó a un contenedor de 0.5 L de capacidad

con arena silíceas y se mantuvo en el invernadero en condiciones climáticas semejantes a las que, posteriormente, se establecieron en la cámara de cultivo donde se desarrolló el ensayo. Las plantas se fertilizaron, en el periodo previo al inicio de los tratamientos, con la solución de Hoagland & Arnon (1950) adaptada a los cítricos (solución nutritiva estándar). Las concentraciones de macronutrientes en mM de esta solución nutritiva estándar fueron: 9.8 N (13% nitrato potásico y 87% nitrato cálcico como calcinit), 0.6 P (ácido fosfórico), 1.4 K (nitrato potásico), 4 Ca (nitrato cálcico, calcinit), 2 Mg (sulfato de magnesio) y la concentración de los micronutrientes en  $\mu\text{M}$ : 40 Fe (quelato), 11.5 Zn (33% quelato y 77% sulfato), 9 Mn (quelato), 0.5 Cu (sulfato), 46 B (ácido bórico) y 0.5 Mo (ácido molibdico). Este periodo de aclimatación duró alrededor de 3 meses y medio.

El ensayo se llevó a cabo en una cámara de cultivo donde se reprodujeron diariamente las condiciones climáticas (Figura 1) de los valores medios de temperatura ( $T^a$ ), humedad relativa (HR) y radicación solar ( $R_a$ ) de los cuatro meses (junio, julio, agosto y septiembre) donde las plantas presentan una mayor capacidad de absorción de nutrientes, con luz continua ( $120 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , densidad de flujo de fotones fotosintéticos) según los datos relativos a los últimos 5 años facilitados por la estación agroclimática del IVIA.

#### 2.1.1 Tratamientos del ensayo BI

Después del periodo de aclimatación,

se seleccionaron 15 plantas uniformes, para lo cual se midió su altura (Tabla 1), y se colocaron en la cámara de cultivo (Fotografía 1, pag. 226) con las condiciones climáticas descritas anteriormente en la Figura 1 (pag. 226).

Al inicio de cada tratamiento la arena de cada planta se lavó repetidamente con agua destilada para eliminar de la misma la solución nutritiva anterior.

Se establecieron cinco tratamientos diferenciales de Mg, con tres réplicas de una planta en cada uno de ellos. Para ello, se incorporaron dosis crecientes de este elemento a la solución nutritiva estándar descrita con anterioridad. En Tabla 2 esa misma tabla se expone el volumen aplicado por planta de solución nutritiva no marcada y las diferentes concentraciones (mM) de Mg en cada tratamiento. La frecuencia de riego se muestra en la Tabla 3.

Los tratamientos se iniciaron el 31 de mayo de 2011 y, el 1 de agosto de ese mismo año, las plantas se extrajeron de la arena y se fraccionaron en diferentes partes: brotación joven (desarrollada durante los 63 días del ensayo), hojas viejas, tallo (tronco), raíces gruesas y finas (fibrosas). Estas fracciones se lavaron con detergente no iónico para eliminar las partículas adheridas, sobre todo la arena, con agua destilada y se cuantificó el peso fresco. Posteriormente, se liofilizaron, se registró el peso seco, se molieron y finalmente, se guardaron en recipientes para su posterior analítica.

Tabla 1. Altura de las plantas desde la superficie de sustrato (arena) hasta el ápice.

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
cm	63.5	60.0	56.0	57.5	59.5	61.5	65.5	56.0	64.5	60.5	63.5	59.5	51.5	64.5	57.0



### 2.1.2. Tratamientos del ensayo BII

Al igual que en el ensayo anterior, se seleccionaron 15 plantas uniformes (Tabla 4), y se colocaron en la cámara de cultivo con las condiciones climáticas descritas en la figura 1.

De igual modo, finalizado el período de aclimatación en la cámara de cultivo, se establecieron cinco tratamientos diferenciales de Mg con dosis crecientes de este elemento en la solución nutritiva estándar descrita con anterioridad (Tabla 2). En este ensayo, sin embargo, se utilizaron como fuente de Ca y N, fertilizantes marcados con los isótopos estables  $^{44}\text{Ca}$  y  $^{15}\text{N}$ , con un enriquecimiento del 19.0 y 33.9%, respectivamente. En cada tratamiento se utilizaron tres réplicas de una planta. En la Tabla 5 se presenta el volumen de solución nutritiva aplicada por planta y los momentos de riego de cada tratamiento.

Los tratamientos de este ensayo se iniciaron el 5 de julio de 2011 y el 4 de agosto se extrajeron las plantas de la arena y se tomaron las muestras siguientes: brotación joven (desarrollada durante los 30 días del ensayo), hojas viejas, tallo (tronco), raíces gruesas y finas (fibrosas). El manejo de las muestras vegetales se realizó del mismo modo descrito en el ensayo BI.

### 2.2 Analíticas realizadas

Para la determinación de la concentración de Ca y de los restantes macronutrientes (a excepción del N), se sometieron las muestras vegetales a una digestión nítrico-perclórica para la liberación de los elementos minerales (P, K, Mg, Ca, Na y S). Posteriormente, se realizó una dilución de 0.5 mL de la digestión

**Tabla 2.** Dosis de magnesio y aplicado en el volumen de solución nutritiva no marcada (SNN) usado para cada planta.

Mg (mM)	Mg (mg/L)	Sulfato magnesio (mg/L)	Mg (mg/250 mL)	Volumen (mL)	Sulfato magnesio (mg/250 mL)	S (mg/250 mL)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/250 mL)
0.5	12.15	123.25	3.05	250	30.8	4.0	12.1
1	24.3	246.5	6.1	250	61.6	8.0	24.2
2	48.6	493.0	12.2	250	123.2	16.0	48.4
4	97.2	986.0	24.4	250	246.4	32.0	96.8
8	194.4	1972.0	48.8	250	492.8	64.0	193.8

en 10 mL de agua milli-Q. Las concentraciones de Ca total y de los demás macronutrientes se midieron con un espectrómetro de emisión atómica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo, ICP ICAP-6000, de la empresa Thermo Scientific (Cambridge, UK).

La concentración de  $^{44}\text{Ca}$  se determinó en un espectrómetro de masas con colector múltiple y fuente de plasma de acoplamiento inductivo (MC-ICP MS, Thermo Finnigan Neptune). A los resultados del  $^{44}\text{Ca}$  de las diferentes partes de la planta se les restó la abundancia natural de este isótopo (2.086 átomos % de  $^{44}\text{Ca}$ ) y se refirieron, así, al exceso o enriquecimiento de este isótopo.

La determinación del N total en las muestras de material vegetal seco se realizó mediante un Analizador Elemental (NC 2500, Thermo Finnigan, Bremen, Alemania) y su composición isotópica en  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  con un Espectrómetro de Masas de Relaciones Isotópicas (Delta Plus, Thermo Finnigan), acoplado (interfaz ConFloII, Finnigan) al Analizador Elemental. A los resultados del  $^{15}\text{N}$  de las muestras de las diferentes partes de la planta se les restó la abundancia natural de este isótopo (0.366 átomos % de  $^{15}\text{N}$ ) y se obtuvieron los valores referidos al exceso o enriquecimiento de este isótopo.

### 2.3 Cálculos realizados

Los resultados presentados en las siguientes tablas se han obtenido mediante las diferentes formulas detalladas con detenimiento en el artículo del número anterior del Levante Agrícola (nº 414 pág. 9-14).

### 2.4 Análisis estadístico

En ambos ensayos se analizó el efecto de dosis crecientes de Mg sobre la absorción de macronutrientes, principalmente Ca, en plantas jóvenes de cítricos, a través del análisis de varianza (ANOVA) y la comparación entre medias, mediante el test LSD-Fisher al 95% de nivel de confianza. Ambos se realizaron con el programa estadístico Statgraphics Plus version 5.1 (Statistical Graphics, Englewood Cliffs, NJ).

## 3. RESULTADOS

En estos dos ensayos, las plantas de cítricos se trataron con cinco concentraciones crecientes de Mg (0.5 a 8 mM) en el medio de cultivo. El enriquecimiento isotópico de la solución nutritiva del ensayo BII fue del 33.9 y 19.0% para el  $^{15}\text{N}$  y  $^{44}\text{Ca}$ , respectivamente.

**Tabla 3.** Consumo (mL) de solución nutritiva no marcada (SNN) y agua destilada ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por planta<sup>2</sup>.

Riego Mg (mM)	31/05 SNN	6/06 SNN	14/06 SNN	20/06 $\text{H}_2\text{O}$	27/06 $\text{H}_2\text{O}$	5/07 SNN	13/07 $\text{H}_2\text{O}$	15/07 $\text{H}_2\text{O}$	22/07 $\text{H}_2\text{O}$	29/07 $\text{H}_2\text{O}$	Total SNN	Total $\text{H}_2\text{O}$	Total SNN+ $\text{H}_2\text{O}$
0.5	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	500	750	1250
1	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	500	750	1250
2	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	500	750	1250
4	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	500	750	1250
8	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	500	750	1250

<sup>2</sup>: Para cada uno de los 5 tratamientos se usaron 1500 mL de SNN (500mL por planta y repetición).

**Tabla 4.** Altura de las plantas desde la superficie de sustrato (arena) hasta el ápice.

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
cm	55.5	56.0	62.0	62.0	56.0	58.0	57.5	58.5	57.0	64.5	62.0	57.0	61.0	55.0	56.5



### 3.1.1 Biomasa de las plantas

En las tablas 6 y 7 se exponen los valores medios de la biomasa total de las plantas correspondientes a las dosis crecientes de Mg, así como el peso seco de cada uno de los órganos en que se fraccionaron éstas. A partir de este parámetro se cuantifica tanto el contenido total de los macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca, Na y S) como la eficiencia de uso de cada uno de los fertilizantes utilizados.

La aplicación de las dosis crecientes de Mg únicamente influyó de forma significativa sobre el peso seco de la nueva brotación de las plantas del ensayo BI, aunque sin una tendencia clara en cuanto a los valores de biomasa obtenidos al incrementar la dosis de Mg. Posiblemente, la significación estadística descrita se debió, más que a la influencia de las dosis crecientes de Mg, a que el desarrollo de los nuevos brotes no se inició al mismo tiempo y a que el Mg no es uno de los macronutrientes que más influye en el desarrollo de las plantas.

### 3.1.2 Concentración de Calcio total

En las tablas 8 y 9 se presentan los valores de la concentración media de calcio en los órganos individuales analizados, expresados en porcentaje sobre peso seco, así como los valores medios de la parte aérea, sistema radical y total planta. El análisis estadístico indica que el aporte de dosis crecientes de Mg sólo afectó de forma significativa a la concentración de Ca de la nueva brotación del ensayo BI. No aparecen estas diferencias en el ensayo BII debido a que la menor duración de este ensayo evitó el desarrollo de una nueva brotación.

En general y con independencia de las cantidades de Mg aplicadas, las concentraciones más altas de este elemento se alcanzaron en las hojas viejas, raíz fibrosa y nueva brotación. Los valores más bajos de concentración se obtienen en el tallo y raíces gruesas.

### 3.1.3 Contenido de Calcio en las plantas

Con independencia de las cantidades de Mg aplicadas, los órganos que acumularon mayor proporción de Ca fueron las hojas viejas, con alrededor del 50 % del Ca presente en la planta, seguido de

**Tabla 5.** Consumo (mL) de solución nutritiva marcada (SNM) y de agua destilada por planta<sup>Z</sup>.

Riego Mg (mM)	5/07 SNM	8/07 H <sub>2</sub> O	13/07 H <sub>2</sub> O	15/07 H <sub>2</sub> O	18/07 SNM	22/07 H <sub>2</sub> O	28/07 H <sub>2</sub> O	2/08 H <sub>2</sub> O	Total SNM	Total H <sub>2</sub> O	Total SNM+H <sub>2</sub> O
0.5	125	50	50	50	125	125	50	75	250	500	750
1	125	50	50	50	125	125	50	75	250	500	750
2	125	50	50	50	125	125	50	75	250	500	750
4	125	50	50	50	125	125	50	75	250	500	750
8	125	50	50	50	125	125	50	75	250	500	750

<sup>Z</sup>: Para cada uno de los 5 tratamientos se usaron 750 mL de SNM (250 mL por planta y repetición).

**Tabla 6.** Biomasa (g, peso seco)<sup>Z</sup> de las plantas del ensayo BI

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Mg (mg) <sup>Y</sup>	3.05	6.1	12.2	24.4	48.8	
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.45±0.0b	0.63±0.00a	0.38±0.00b	0.38±0.00b	0.22±0.00c	***
Hoja vieja	2.04±0.00	1.86±0.14	1.82±0.34	1.90±0.16	1.86±0.27	NS
Tallo	3.16±0.33	3.29±0.23	2.87±0.39	3.43±0.49	3.15±0.54	NS
Parte aérea	5.65±0.43	5.78±0.46	5.07±0.63	5.71±0.59	5.23±0.67	NS
Raíz gruesa	1.52±0.18	1.66±0.21	1.73±0.31	1.61±0.24	1.58±0.14	NS
Raíz fibrosa	1.37±0.18	1.05±0.19	0.79±0.23	0.95±0.23	0.87±0.13	NS
Sistema radical	2.89±0.41	2.71±0.40	2.52±0.63	2.56±0.44	2.45±0.23	NS
Total planta	8.54±0.66	8.49±0.39	7.59±1.00	8.27±0.98	7.68±0.99	NS

<sup>Z</sup>: Cada valor es la media de 3 plantas ± desviación estándar.

<sup>Y</sup>: Cantidad aplicada por tratamiento y planta en 250 ml de solución nutritiva.

<sup>X</sup>: Durante los dos meses de tratamiento brotaron las 3 plantas.

<sup>W</sup>: Análisis estadístico (AE). ANOVA. Diferencias significativas para Pd0,05 (\*); Pd0,01 (\*\*); Pd0,001 (\*\*\*) y no significativas P>0,05 (NS). Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas (P<0,05) según el test LSD-Fisher.

**Tabla 7.** Biomasa (g, peso seco)<sup>Z</sup> peso seco de las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Mg (mg) <sup>Y</sup>	3.05	6.1	12.2	24.4	48.8	
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.43	s.b. <sup>V</sup>	0.25	0.04	0.46	
Hoja vieja	1.94±0.05	2.19±0.35	1.98±0.17	2.36±0.29	2.23±0.26	NS
Tallo	2.94±0.23	3.19±0.17	3.06±0.04	3.45±0.48	3.42±0.29	NS
Parte aérea	5.31±0.07	5.38±0.49	5.29±0.09	5.85±0.77	6.11±0.55	NS
Raíz gruesa	1.28±0.16	1.45±0.29	1.31±0.12	1.61±0.31	1.47±0.16	NS
Raíz fibrosa	0.74±0.25	1.11±0.17	0.70±0.29	0.86±0.11	0.88±0.10	NS
Sistema radical	2.02±0.13	2.56±0.13	2.01±0.20	2.47±0.36	2.35±0.09	NS
Total planta	7.33±0.20	7.94±0.62	7.30±0.15	8.32±1.14	8.46±0.62	NS

<sup>Z</sup>: Cada valor es la media de 3 plantas ± desviación estándar.

<sup>Y</sup>: Cantidad aplicada por tratamiento y planta en 250 ml de solución nutritiva marcada.

<sup>X</sup>: Durante el mes de tratamiento solo brotó una planta.

<sup>W</sup>: Análisis estadístico (AE). ANOVA. Diferencias significativas para Pd0,05 (\*); Pd0,01 (\*\*); Pd0,001 (\*\*\*) y no significativas P>0,05 (NS). Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas (P<0,05) según el test LSD-Fisher.

<sup>V</sup>: Sin brotación.

**Tabla 8.** Concentración de Ca (% peso seco) en las plantas del ensayo BI.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Nueva brotación <sup>X</sup>	1.69±0.10ab	1.64±0.00ab	1.66±0.00ab	1.77±0.00a	0.64±0.04b	**
Hoja vieja	2.35±0.08	2.27±0.25	2.46±0.13	2.35±0.05	2.34±0.29	NS
Tallo	0.57±0.02	0.55±0.02	0.53±0.04	0.51±0.02	0.50±0.06	NS
Parte aérea	1.30±0.10	1.22±0.09	1.30±0.03	1.20±0.04	1.17±0.14	NS
Raíz gruesa	0.43±0.02	0.45±0.02	0.43±0.04	0.44±0.08	0.41±0.04	NS
Raíz fibrosa	1.46±0.19	1.43±0.11	1.56±0.15	1.56±0.19	1.59±0.16	NS
Sistema radical	0.92±0.14	0.82±0.04	0.78±0.09	0.85±0.02	0.85±0.12	NS
Total planta	1.17±0.10	1.09±0.07	1.13±0.03	1.09±0.03	1.07±0.13	NS

<sup>Z</sup>, <sup>Y</sup>, <sup>X</sup>, <sup>W</sup>: Idem Tabla 7.



las raíces fibrosas y el tallo en ambos ensayos (Tabla 10 y 11).

Las dosis crecientes de Mg no parecen tener un efecto consistente sobre el contenido total de Ca en las plantas. Tan sólo en el ensayo BI, el incremento del aporte de Mg disminuyó significativamente el contenido de Ca de las raíces fibrosas y la nueva brotación. Sin embargo, en el ensayo BII, la aplicación de las dosis crecientes de Mg sólo influyó de forma significativa en el contenido total de Ca en la planta completa, presentando las plantas que recibieron una mayor dosis de Mg, contenidos de Ca superiores a los de las dosis más bajas. Esto último pudo ser debido más al efecto de una mayor biomasa (Tabla 7) que a una absorción superior de Ca por la planta completa.

### 3.1.4 Concentración de $^{44}\text{Ca}$

En la Tabla 12 se muestra el enriquecimiento del isótopo  $^{44}\text{Ca}$  tanto en los distintos órganos individuales como conjunto de éstos, expresado como porcentaje sobre el contenido de Ca total. El enriquecimiento en  $^{44}\text{Ca}$  también se denomina  $^{44}\text{Ca}$  en exceso y se obtiene por diferencia entre el valor analítico obtenido por espectrometría de masas y el valor estándar de la abundancia natural de este isótopo (2.086%  $^{44}\text{Ca}$ ). En general en todos los tratamientos, las mayores concentraciones en  $^{44}\text{Ca}$  se obtuvieron en las raíces gruesas, seguido de las fibrosas, tallo y nueva brotación. Cabe destacar que en las hojas viejas se alcanzó la concentración más baja de este isótopo. Esta secuencia es totalmente inversa a la obtenida con el contenido total de Ca (hojas viejas > tallo > raíces fibrosas > raíces gruesas), a excepción de los nuevos brotes que por su reducida biomasa presentaron el menor contenido en calcio. De ambos resultados se puede ver que los elevados enriquecimientos de  $^{44}\text{Ca}$  en órganos con contenidos bajos de Ca total son a causa de la dilución isotópica del  $^{44}\text{Ca}$ . Así el mayor enriquecimiento isotópico de las raíces gruesas se debió a su menor contenido en calcio.

La concentración de  $^{44}\text{Ca}$  en la nueva brotación no fue la más alta, como cabría esperar en un órgano en crecimiento. Esto puede deberse a que los nuevos tejidos estuvieron menos tiempo recibiendo este isótopo, ya que su creci-

Tabla 9. Concentración de Ca (% peso seco)<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AEW
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.89	s.b. <sup>V</sup>	0.81	0.54	0.82	
Hoja vieja	1.91±0.25	1.95±0.31	2.02±0.24	1.84±0.01	2.14±0.39	NS
Tallo	0.51±0.06	0.50±0.08	0.52±0.06	0.50±0.05	0.51±0.09	NS
Parte aérea	1.00±0.07	1.09±0.11	1.09±0.07	1.04±0.03	1.12±0.18	NS
Raíz gruesa	0.34±0.06	0.34±0.06	0.35±0.04	0.37±0.05	0.32±0.03	NS
Raíz fibrosa	2.11±0.16	1.79±0.16	1.84±0.38	1.95±0.10	1.83±0.36	NS
Sistema radical	0.99±0.07	0.97±0.03	0.86±0.13	0.92±0.06	0.89±0.05	NS
Total planta	1.00±0.06	1.05±0.08	1.03±0.05	1.00±0.03	1.05±0.12	NS

Z, Y, X, V, W: Ídem Tabla 7.

Tabla 10. Contenido de Ca (mg)<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BI.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AEW
Nueva brotación <sup>X</sup>	7.5±0.4b	10.3±0.8a	6.3±0.6b	6.5±0.1b	1.4±0.2c	***
Hoja vieja	47.9±2.5	42.2±5.1	44.4±6.8	44.6±4.5	44.1±11.4	NS
Tallo	18.1±1.5	18.1±1.9	15.5±3.0	17.6±2.9	15.7±1.5	NS
Parte aérea	73.5±3.9	70.6±12.4	66.2±9.5	68.7±5.4	61.2±12.7	NS
Raíz gruesa	6.5±1.1	7.4±0.9	7.4±1.5	7.1±1.4	6.4±0.5	NS
Raíz fibrosa	19.9±0.8a	14.9±1.9b	12.4±3.3b	14.7±1.8b	13.9±2.7b	*
Sistema radical	26.4±1.9	22.3±2.8	19.8±4.8	21.8±2.6	20.3±3.2	NS
Total planta	99.9±13.8	92.9±12.9	86.2±13.2	90.5±7.8	82.3±6.8	NS

Z, Y, X, W: Ídem Tabla BI-1.

Tabla 11. Contenido de Ca (mg)<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AEW
Nueva brotación <sup>X</sup>	3.8	s.b. <sup>V</sup>	2.0	0.2	3.8	
Hoja vieja	37.0±4.5	42.8±2.5	40.0±2.2	43.3±5.3	47.1±3.8	NS
Tallo	15.0±2.9	15.8±1.6	15.9±1.7	17.2±0.6	17.4±1.6	NS
Parte aérea	55.8±4.7	58.6±2.1	57.9±3.4	60.6±6.0	68.3±5.5	NS
Raíz gruesa	4.3±0.5	4.9±0.5	4.6±0.6	5.9±1.7	4.7±0.2	NS
Raíz fibrosa	15.6±1.3	19.9±1.3	12.8±2.6	16.7±1.6	16.0±1.2	NS
Sistema radical	26.4±1.9	22.3±2.8	19.8±4.8	21.8±2.6	20.3±3.2	NS
Total planta	99.9±13.8	92.9±12.9	86.2±13.2	90.5±7.8	82.3±6.8	NS

Z, Y, X, V, W: Ídem Tabla BII-1.

Tabla 12. Átomos % en exceso de  $^{44}\text{Ca}$  (%  $^{44}\text{Ca}$ )<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AEW
Mg (mg) <sup>Y</sup>	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	
Nueva brotación <sup>X</sup>	1.41	s.b. <sup>V</sup>	1.63	1.59	1.51	
Hoja vieja	0.62±0.07a	0.55±0.07a	0.54±0.07a	0.21±0.04b	0.08±0.01c	***
Tallo	3.04±0.28a	2.73±0.13a	2.64±0.21a	1.83±0.02b	1.71±0.31b	***
Parte aérea	1.32±0.15a	1.14±0.04a	1.16±0.07a	0.67±0.06b	0.58±0.08b	***
Raíz gruesa	5.02±0.46ab	4.60±0.30bc	5.39±0.07a	4.67±0.14bc	4.15±0.23c	*
Raíz fibrosa	4.47±0.64ab	3.56±0.21c	4.53±0.08a	3.80±0.10bc	3.11±0.51c	**
Sistema radical	4.59±0.49ab	3.76±0.24cd	4.76±0.26a	4.03±0.08bc	3.35±0.45d	***
Total planta	2.21±0.26a	1.92±0.06a	1.99±0.19a	1.58±0.08b	1.22±0.10c	**

Z, Y, X, W, V: Ídem Tabla 7.

miento tuvo lugar con posterioridad al inicio de los tratamientos, y, además, el Ca es un elemento que se transporta lentamente del sistema radical hacia los órganos aéreos en desarrollo de las plantas de cítricos.

En cuanto a las diferencias entre tratamientos, el enriquecimiento del  $^{44}\text{Ca}$  de los órganos viejos aéreos (hojas viejas y tallo) y, en general, en el total de la planta, decreció significativamente como consecuencia del aporte creciente de la dosis de magnesio. Así, se obtuvieron





**Fotografía 1.** Plantas cultivadas en cámara de cultivo.

valores inferiores de  $^{44}\text{Ca}$  en exceso con el aporte de las dosis más altas de Mg que con las tres primeras dosis. Sin embargo, esta tendencia no se observó en el sistema radical, aunque sí que la raíz fibrosa y gruesa de las plantas que recibieron la dosis más alta de Mg presentaron enriquecimientos de  $^{44}\text{Ca}$  superiores al resto de tratamientos. Esto sugiere que en las condiciones en las que se ha desarrollado este ensayo, concentraciones de Mg superiores a 2 mM en la solución nutritiva antagonizan con la absorción del  $^{44}\text{Ca}$  aplicado.

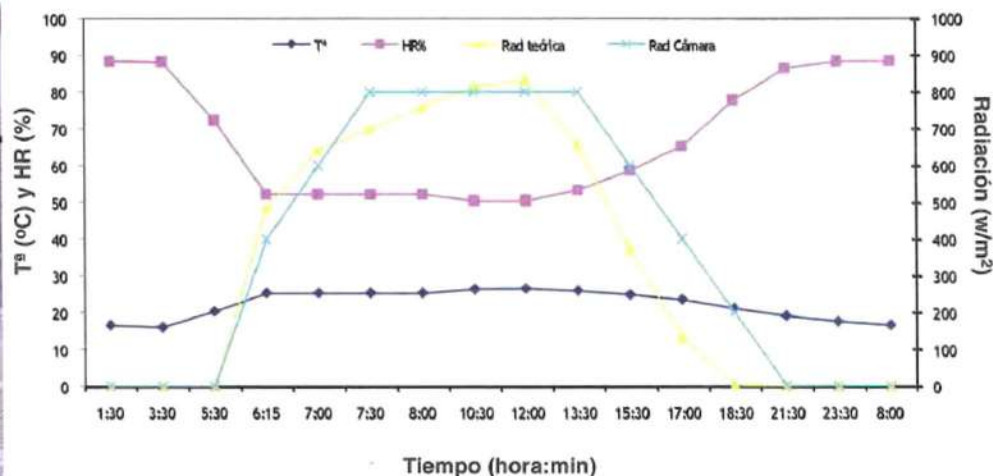
### 3.1.5 Contenido en $^{44}\text{Ca}$ absorbido del fertilizante

En la Tabla 13 se exponen los valores del  $^{44}\text{Ca}$  absorbido de fertilizante ( $^{44}\text{Caadf}$ ) procedente del nitrato cálcico marcado con  $^{44}\text{Ca}$ . En cuanto a los valores en las diferentes fracciones muestreadas, los más elevados se obtuvieron en las raíces fibrosas seguidos del tallo. Valores menores se presentaron las hojas viejas y raíces gruesas, mientras que el contenido más bajo se alcanzó en la nueva brotación.

La aplicación de dosis crecientes de Mg afectó de forma significativa al contenido en  $^{44}\text{Ca}$  de todos los órganos con excepción de la raíz gruesa y del sistema radical. En general se observa un descenso en el  $^{44}\text{Ca}$  absorbido al incrementar la dosis de Mg aplicado con el fertilizante, mostrando de nuevo el efecto antagonístico entre estos dos elementos.

### 3.1.6 Concentración de Nitrógeno total

En las tablas 14 y 15 se exponen los valores de la concentración de N de los órganos individuales muestreados así como de la parte aérea, sistema radical y total de la planta en función de los distintos



**Figura 1.** Variaciones diarias de temperatura, humedad relativa y radiación solar (Ensayos A, BI y BII).

**Tabla 13.** Contenido de  $^{44}\text{Ca}$  absorbido del fertilizante aplicado ( $\text{mg}$ )<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Mg (mg) <sup>Y</sup>	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.05	s. b. <sup>V</sup>	0.03	0.003	0.06	
Hoja vieja	0.23±0.05a	0.24±0.04a	0.22±0.03a	0.09±0.01b	0.04±0.01b	***
Tallo	0.45±0.10a	0.43±0.04ab	0.42±0.04ab	0.31±0.01bc	0.30±0.08c	*
Parte aérea	0.70±0.12a	0.67±0.05a	0.67±0.08a	0.40±0.01b	0.40±0.09b	**
Raíz gruesa	0.22±0.05	0.22±0.03	0.25±0.03	0.28±0.08	0.20±0.00	NS
Raíz fibrosa	0.70±0.13a	0.71±0.05a	0.58±0.16ab	0.64±0.06ab	0.50±0.05b	*
Sistema radical	0.92±0.16	0.93±0.05	0.83±0.19	0.92±0.13	0.70±0.05	NS
Total planta	1.62±0.27a	1.60±0.08a	1.50±0.17a	1.32±0.13ab	1.10±0.14b	*

Z, Y, X, W, V: Ídem Tabla 7.

**Tabla 14.** Concentración de N (% peso seco)<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BI.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Nueva brotación <sup>X</sup>	2.11±0.00a	1.87±0.04c	1.88±0.01c	1.88±0.01c	1.98±0.06b	***
Hoja vieja	2.54±0.22	2.43±0.38	2.54±0.11	2.41±0.17	2.55±0.12	NS
Tallo	0.88±0.01	0.87±0.08	0.84±0.05	0.87±0.10	0.98±0.08	NS
Parte aérea	1.57±0.04	1.45±0.12	1.52±0.12	1.44±0.08	1.58±0.05	NS
Raíz gruesa	0.97±0.06	1.14±0.06	1.13±0.03	1.08±0.14	1.11±0.08	NS
Raíz fibrosa	2.07±0.22	1.81±0.24	2.14±0.07	2.24±0.20	1.85±0.05	NS
Sistema radical	1.52±0.06	1.59±0.09	1.53±0.03	1.56±0.13	1.51±0.05	NS
Total planta	1.56±0.05	1.49±0.09	1.53±0.07	1.48±0.04	1.56±0.04	NS

Z, Y, X, W: Ídem Tabla 7.

**Tabla 15.** Concentración de N (%<sup>Z</sup>) en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Nueva brotación <sup>X</sup>	1.71	s.b. <sup>V</sup>	1.83	s.d. <sup>U</sup>	1.80	
Hoja vieja	2.05±0.18	2.30±0.16	2.02±0.25	1.98±0.10	2.17±0.27	NS
Tallo	0.86±0.13	0.80±0.03	0.82±0.07	0.84±0.06	0.84±0.03	NS
Parte aérea	1.37±0.08	1.41±0.04	1.31±0.05	1.29±0.01	1.40±0.11	NS
Raíz gruesa	1.17±0.15	0.85±0.04	1.03±0.06	1.01±0.06	1.04±0.11	NS
Raíz fibrosa	2.07±0.22	1.81±0.24	2.14±0.07	2.24±0.20	1.85±0.05	NS
Sistema radical	1.50±0.15	1.26±0.09	1.41±0.06	1.44±0.08	1.35±0.03	NS
Total planta	1.40±0.08	1.36±0.02	1.34±0.05	1.34±0.03	1.38±0.08	NS

Z, Y, X, V, W: Ídem Tabla 7.

U: Sin dato analítico por escasez de muestra.

tratamientos, expresado en porcentaje sobre el peso seco en los dos ensayos realizados. Los valores más elevados de este parámetro se presentaron en las hojas viejas, seguido de las raíces fibro-

sas, mientras que los órganos con menor concentración de N fueron los leñosos (tallo y raíces gruesas). La nueva brotación mantuvo valores intermedios entre ambos.



El aporte creciente de Mg afectó de forma significativa tan sólo a la concentración de N de la nueva brotación del ensayo BI. De este modo, las plantas que recibieron la dosis de 0.5 mM de Mg presentaron concentraciones de N más elevadas, sin que se vea una pauta clara al incrementar la concentración de Mg en la solución nutritiva.

### 3.1.7 Contenido de Nitrógeno en las plantas

La aplicación creciente de Mg influyó significativamente en los órganos de la nueva brotación del ensayo BI (Tabla 16) y las hojas viejas del BII (Tabla 17), con un mayor valor en las plantas del tratamiento 2 (1 mM de Mg). Esta significación no es debida a una diferencia en la concentración de N sino a una mayor biomasa en estos órganos de este tratamiento.

### 3.1.8 Concentración de $^{15}\text{N}$ en exceso

En la tabla 18 se muestran los valores del  $^{15}\text{N}$  en exceso de los distintos órganos muestreados de las plantas, expresado como porcentaje sobre el contenido en N total. El exceso en  $^{15}\text{N}$ , también denominado enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$ , se obtiene por diferencia entre el valor analítico obtenido por espectrometría de masas y el valor estándar de la abundancia natural de este isótopo en la atmósfera (0.366%  $^{15}\text{N}$ ). Con independencia de las dosis de Mg aplicadas, las mayores concentraciones de  $^{15}\text{N}$  se obtuvieron en los órganos en desarrollo, en la nueva brotación seguido de las raíces fibrosas. Los órganos leñosos presentan valores menores y muy similares entre ellos (hoja vieja, tallo y raíz gruesa). Como se puede ver, la tendencia descrita es, en general, inversa a la obtenida con el contenido total de N, como consecuencia del efecto de dilución isotópica del  $^{15}\text{N}$ , de modo que un mayor contenido de este elemento en un órgano da lugar a un menor enriquecimiento isotópico en el mismo.

Por otro lado, el análisis estadístico indica que el aporte diferencial de Mg no afectó de forma significativa al enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$  de ninguno de los órganos muestreados.

**Tabla 16.** Contenido de N (mg)<sup>z</sup> en las plantas del ensayo BI.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>w</sup>
Nueva brotación <sup>x</sup>	9.4±0.4ab	11.7±1.1a	7.2±1.1bc	7.1±1.8bc	4.6±0.8c	**
Hoja vieja	51.7±5.1	45.0±4.5	46.4±10.7	45.8±5.7	47.3±6.5	NS
Tallo	27.7±3.1	29.6±4.6	24.0±2.5	30.0±7.6	30.7±4.6	NS
Parte aérea	88.8±7.8	86.3±10.4	77.6±13.5	82.9±13.9	82.6±11.1	NS
Raíz gruesa	14.8±2.5	18.8±1.2	19.5±2.9	17.4±2.2	17.6±1.8	NS
Raíz fibrosa	29.1±3.9	24.2±4.2	19.0±3.1	22.5±1.8	19.4±1.9	NS
Sistema radical	43.9±6.5	43.0±4.4	38.5±6.1	39.9±3.9	37.0±3.6	NS
Total planta	132.7±14.4	129.30±13.5	116.1±19.3	122.8±16.9	119.6±14.6	NS

Z, Y, X, W: Idem Tabla 7.

**Tabla 17.** Contenido de N (mg)<sup>z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>w</sup>
Nueva brotación <sup>x</sup>	7.4	s.b. <sup>v</sup>	4.6	s.d. <sup>u</sup>	8.3	*
Hoja vieja	39.8±2.7b	50.5±7.0a	39.7±1.4b	46.7±7.5ab	48.1±2.8ab	NS
Tallo	25.4±3.7	25.6±0.9	25.0±2.0	28.8±2.3	28.6±1.9	NS
Parte aérea	72.6±1.0	76.1±7.5	69.3±1.9	75.5±9.7	85.0±4.1	NS
Raíz gruesa	14.9±2.6	12.2±1.7	13.5±1.5	16.2±3.3	15.3±3.1	NS
Raíz fibrosa	15.4±1.0	20.1±3.4	14.9±2.1	19.1±0.9	16.2±2.2	NS
Sistema radical	30.3±2.6	32.3±2.5	28.4±0.5	35.3±3.4	31.5±1.0	NS
Total planta	102.9±5.2	108.4±5.2	97.7±2.4	110.8±12.9	116.5±4.5	NS

Z, Y, X, V, W, U: Idem Tabla 7.

**Tabla 18.** Concentración de  $^{15}\text{N}$  en exceso (%)<sup>z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>w</sup>
$^{15}\text{N}$ (mg) <sup>y</sup>	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	
Nueva brotación <sup>x</sup>	7.77	s. b. <sup>v</sup>	8.52	s.d. <sup>u</sup>	8.61	
Hoja vieja	2.69±0.41	2.97±0.56	3.14±0.35	2.66±0.31	2.90±0.51	NS
Tallo	2.83±0.44	2.85±0.39	3.20±0.25	2.77±0.28	2.72±0.31	NS
Parte aérea	2.94±0.48	3.93±0.35	3.52±0.28	2.70±0.29	3.40±0.39	NS
Raíz gruesa	3.46±0.63	3.28±0.27	3.49±0.31	3.31±0.51	2.85±0.37	NS
Raíz fibrosa	6.70±0.61	7.63±0.57	7.57±0.89	7.62±1.03	7.56±0.87	NS
Sistema radical	5.10±0.78	5.98±0.41	5.63±0.67	5.64±1.00	5.27±0.98	NS
Total planta	3.80±0.48	3.84±0.48	4.13±0.39	3.65±0.51	3.90±0.53	NS

Z, Y, X, V, W, U: Idem Tabla 7.

**Tabla 19.** Contenido de  $^{15}\text{N}$  absorbido del fertilizante aplicado (mg)<sup>z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>w</sup>
$^{15}\text{N}$ (mg) <sup>y</sup>	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	
Nueva brotación <sup>x</sup>	0.57	s.b. <sup>v</sup>	0.39	s.d. <sup>u</sup>	0.71	
Hoja vieja	1.07±0.21	1.50±0.23	1.24±0.18	1.24±0.25	1.39±0.29	NS
Tallo	0.72±0.03	0.73±0.12	0.80±0.06	0.80±0.08	0.78±0.04	NS
Parte aérea	2.36±0.25	2.23±0.35	2.43±0.22	2.04±0.32	2.88±0.32	NS
Raíz gruesa	0.52±0.03	0.40±0.08	0.47±0.06	0.54±0.07	0.44±0.03	NS
Raíz fibrosa	1.03±0.14	1.53±0.19	1.13±0.20	1.45±0.25	1.23±0.30	NS
Sistema radical	1.55±0.16	1.93±0.12	1.60±0.21	1.99±0.28	1.67±0.27	NS
Total planta	3.91±0.32	4.16±0.43	4.03±0.41	4.03±0.58	4.55±0.51	NS

Z, Y, X, V, W, U: Idem Tabla 7.

### 3.1.9 Contenido en $^{15}\text{N}$ absorbido del fertilizante aplicado

En la tabla 19 se presentan los valores del  $^{15}\text{N}$  absorbido del fertilizante aplicado ( $^{15}\text{Nadf}$ ) en la solución nutritiva

como nitrato cálcico marcado con  $^{15}\text{N}$ . En las plantas de todos los tratamientos se obtuvieron los valores más elevados de este parámetro en las raíces fibrosas y hojas viejas, con contenidos algo más bajos en el tallo. Curiosamente, la nueva



brotación alcanzó, en algunos casos, valores de  $^{15}\text{N}$ adf superiores a los obtenidos en las raíces gruesas debido a la elevada concentración en  $^{15}\text{N}$  de los nuevos brotes. De igual forma que en la variable anterior, no se obtuvo un efecto significativo de las dosis crecientes de Mg sobre el contenido el  $^{15}\text{N}$ adf de los órganos individuales, del conjunto de éstos o el de la planta completa.

### 3.1.10 Eficiencia de uso de los nutrientes aplicados

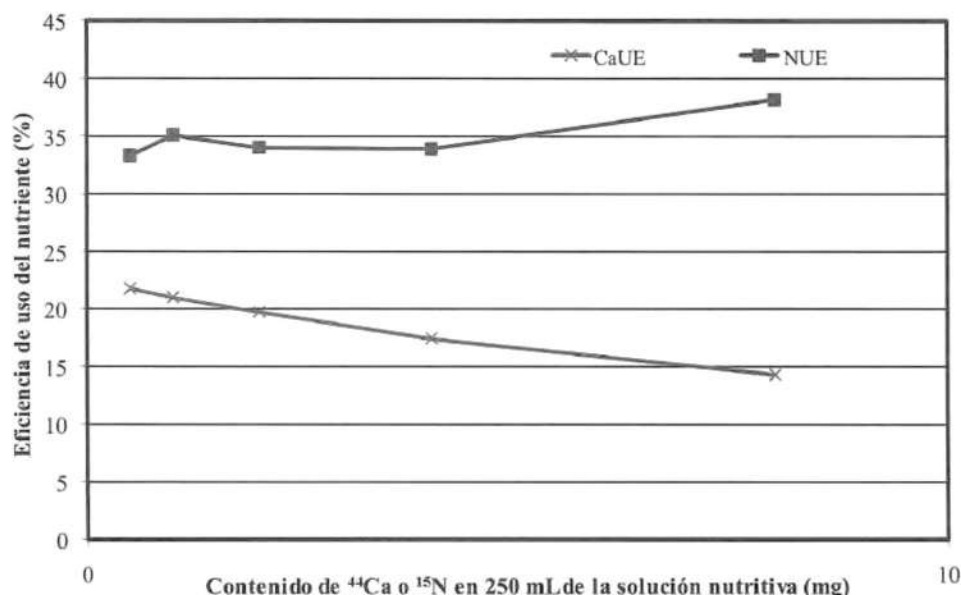
La eficiencia de uso del calcio o nitrógeno (EUCa o EUN) indica que proporción de éstos elementos ha sido absorbido en cada órgano, conjunto de éstos o planta completa de la cantidad aplicada de estos nutrientes. Este parámetro es de gran utilidad; sin embargo, su interpretación debe realizarse con cautela ya que, por tratarse de un valor relativo, depende fundamentalmente de la dosis aplicada. De este modo, cuando se aportan nutrientes por encima de la dosis agrónicamente óptima, los valores de ésta tienden a decrecer.

Los aportes crecientes de Mg en la solución nutritiva no afectaron a la eficiencia de uso del nitrógeno, con valores en torno al 32% del N aplicado en todos los tratamientos realizados. Sin embargo, la eficiencia del uso del calcio (EUCa) decrece significativamente al aumentar la dosis de Mg, con diferencias entre las dosis bajas (0.5 y 1 mM de Mg) y la más alta (8 mM), mostrando, de nuevo, el efecto antagónico entre ambos iones.

### 3.1.11 Concentración de magnesio

Las mayores concentraciones de Mg se alcanzaron en las hojas viejas y las raíces fibrosas, al igual que el calcio, en las plantas de todos los tratamientos. En la raíz gruesa y el tallo se alcanzaron valores similares e inferiores a los órganos anteriores (Tabla 20 y 21). En cuanto a la concentración de Mg en la nueva brotación, el diferente desarrollo originó pautas distintas entre los dos ensayos.

Las concentraciones de Mg de los órganos individuales, parte aérea, sistema radical y total planta aumentaron de forma significativa con las dosis crecientes de Mg durante los meses de tratamiento en ambos ensayos.



**Tabla 20.** Concentración de Mg (% peso seco) en las plantas del ensayo BI.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.41±0.02b	0.42±0.03b	0.49±0.00ab	0.53±0.05a	0.26±0.02c	**
Hoja vieja	0.47±0.02b	0.48±0.09b	0.56±0.02ab	0.55±0.04ab	0.61±0.07a	*
Tallo	0.19±0.01b	0.19±0.03b	0.19±0.04b	0.23±0.02ab	0.27±0.05a	*
Parte aérea	0.28±0.02c	0.29±0.04bc	0.34±0.04abc	0.36±0.02ab	0.39±0.03a	**
Raíz gruesa	0.17±0.02b	0.21±0.02ab	0.24±0.01a	0.22±0.04a	0.23±0.03a	*
Raíz fibrosa	0.33±0.05b	0.35±0.08b	0.40±0.05b	0.56±0.09a	0.55±0.09a	**
Sistema radical	0.24±0.04b	0.26±0.03b	0.29±0.02ab	0.34±0.03a	0.34±0.03a	*
Total planta	0.26±0.02c	0.28±0.04bc	0.32±0.03ab	0.35±0.02a	0.38±0.03a	**

Z, Y, X, W; Idem Tabla 7.

**Tabla 21.** Concentración de Mg (% peso seco)<sup>Z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AE <sup>W</sup>
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.14	s.b. <sup>V</sup>	0.21	0.28	0.39	
Hoja vieja	0.43±0.02	0.47±0.03	0.49±0.03	0.50±0.04	0.52±0.07	NS
Tallo	0.15±0.01b	0.16±0.03b	0.17±0.01ab	0.18±0.02ab	0.20±0.03a	**
Parte aérea	0.25±0.01b	0.29±0.00ab	0.29±0.01ab	0.31±0.01a	0.33±0.05a	*
Raíz gruesa	0.15±0.01b	0.16±0.01b	0.17±0.01b	0.20±0.02a	0.23±0.02a	**
Raíz fibrosa	0.27±0.01d	0.32±0.04cd	0.36±0.04bc	0.44±0.10ab	0.51±0.06a	**
Sistema radical	0.19±0.01c	0.23±0.02bc	0.24±0.04bc	0.28±0.06ab	0.33±0.04a	*
Total planta	0.24±0.01c	0.27±0.01bc	0.28±0.01bc	0.30±0.01ab	0.33±0.04a	*

Z, Y, X, V, W; Idem Tabla 7.

### 3.1.12 Contenido de magnesio

Entre los diferentes órganos, la hoja vieja es el órgano que presenta el mayor contenido de Mg junto con el tallo en todos los tratamientos realizados de ambos ensayos (Tabla 22 y 23). En cuanto al efecto del aporte creciente de Mg, éste afectó de forma diferente a las plantas de los dos ensayos. La dosis de Mg no influyó de forma significativa en la mayoría de las fracciones analizadas, aunque se observa una pauta creciente del contenido

de Mg al incrementar la dosis del mismo en la solución nutritiva. Si afectó de forma significativa al contenido de Mg de la nueva brotación, de modo que las plantas que presentaban mayor biomasa acumularon mayor cantidad de Mg (Tabla 22). En el ensayo BII, sin embargo, la aplicación de dosis crecientes de Mg afectó significativamente al contenido de todos los órganos (Tabla 23), con una clara tendencia a incrementar el contenido al aumentar la dosis de Mg.

**Tabla 22.** Contenido de Mg (mg)<sup>z</sup> en las plantas del ensayo BI.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AEW
Nueva brotación <sup>X</sup>	1.8±0.2b	2.6±0.2a	1.7±0.3ab	1.7±0.2ab	0.6±0.1c	***
Hoja vieja	9.5±0.1	8.9±1.2	10.2±2.2	10.4±0.7	11.4±2.8	NS
Tallo	5.8±0.5	6.4±1.5	5.6±1.6	8.0±1.5	8.3±0.9	NS
<b>Parte aérea</b>	<b>17.1±0.6</b>	<b>17.9±4.1</b>	<b>17.5±3.8</b>	<b>20.1±2.1</b>	<b>20.3±3.5</b>	<b>NS</b>
Raíz gruesa	2.5±0.2	3.4±0.9	4.1±0.3	3.6±0.4	3.6±0.3	NS
Raíz fibrosa	4.4±0.4	3.8±1.1	3.2±0.9	5.3±1.1	4.8±1.2	NS
<b>Sistema radical</b>	<b>6.9±0.4</b>	<b>7.2±1.5</b>	<b>7.3±1.6</b>	<b>8.9±1.7</b>	<b>8.4±1.7</b>	<b>NS</b>
<b>Total planta</b>	<b>24.0±0.2</b>	<b>25.1±5.3</b>	<b>24.8±5.1</b>	<b>29.0±3.7</b>	<b>28.8±4.7</b>	<b>NS</b>

Z, Y, X, W; Idem Tabla 7.

**Tabla 23.** Contenido de Mg (mg)<sup>z</sup> en las plantas del ensayo BII.

[Mg (mM)]	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0	AEW
Nueva brotación <sup>X</sup>	0.6	s.b. <sup>V</sup>	0.5	0.1	1.8	
Hoja vieja	8.4±0.2b	10.3±0.8ab	9.6±0.4ab	11.8±1.4a	11.7±0.2a	*
Tallo	4.5±0.6b	5.2±0.2b	5.2±0.3b	6.2±0.6a	6.7±0.4a	**
<b>Parte aérea</b>	<b>13.5±0.6c</b>	<b>15.5±1.2bc</b>	<b>15.3±0.9bc</b>	<b>18.1±2.8ab</b>	<b>20.2±1.6a</b>	<b>**</b>
Raíz gruesa	1.9±0.1b	2.3±0.4b	2.3±0.2b	3.2±0.3a	3.3±0.8a	*
Raíz fibrosa	2.0±0.3	3.6±0.8	2.5±0.9	3.8±1.2	4.5±0.9	NS
<b>Sistema radical</b>	<b>3.9±0.2d</b>	<b>5.9±0.5bc</b>	<b>4.8±0.9cd</b>	<b>7.0±1.2ab</b>	<b>7.8±1.1a</b>	<b>**</b>
<b>Total planta</b>	<b>17.4±0.6c</b>	<b>21.4±0.7b</b>	<b>20.3±0.9bc</b>	<b>25.1±3.1a</b>	<b>28.0±1.9a</b>	<b>***</b>

Z, Y, X, V, W; Idem Tabla 7.

#### 4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el estudio del efecto de concentraciones crecientes de Mg en el medio de cultivo sobre la absorción de Ca y N en plantas jóvenes del patrón de cítricos citrange Carrizo, se extraen las conclusiones siguientes:

- El aporte creciente de magnesio en la solución nutritiva no influyó, de forma significativa, a la biomasa, concentración de Ca y N total de los diferentes órganos muestreados (órganos individuales, fracciones agrupadas o planta completa).
- Sin embargo, dosis crecientes de magnesio disminuyeron tanto el por-

centaje de átomos en exceso de <sup>44</sup>Ca aplicado como el contenido de <sup>44</sup>Ca absorbido del fertilizante, con diferencias significativas entre las dosis más bajas (0.5 y 1 mM) y las más altas (4 y 8 mM).

- Además, la eficiencia de uso del N no se vio afectada de forma significativa por las dosis crecientes de Mg, mientras que los valores de la eficiencia de uso de Ca decrecieron significativamente con las aplicaciones más altas de Mg.

- Las dos conclusiones anteriores reflejan que concentraciones de Mg en el medio de cultivo por encima de 4 mM antagonizan la absorción del Ca por la planta.

- El aporte creciente de Mg aumentó de forma significativa la concentración de este nutriente en todos los órganos de las plantas.

- Independientemente de la dosis de Mg suministrada, la contribución de Ca aplicado en la solución nutritiva al desarrollo de nuevos tejidos fue notablemente menor que la obtenida con el N aplicado. De la conclusión anterior se sugiere que las reservas de Ca acumuladas en los órganos leñosos, contribuirán de forma importante al desarrollo de la nueva brotación.

## Ahora YaraVera Sulfamid se llama YaraVera Amidas

El fertilizante de Yara, YaraVera Sulfamid, ha cambiado ahora su nombre a YaraVera Amidas.

Los fertilizantes de la gama contienen una alta concentración de Nitrógeno (40%) y Azufre (14%) diseñado para minimizar las pérdidas de Nitrógeno por Volatilización en la cobertera.

Igual que el producto con el nombre anterior YaraVera Amidas significa un ahorro de costes y respeto al medio ambiente.

[www.yara.es](http://www.yara.es)



**YaraVera™**

Ahora Sulfamid se llama **Amidas**

